MINERAÇÃO E IMPACTOS NO MEIO FÍSICO NA REGIÃO METROPOLITANA DE SÃO PAULO: UMA ABORDAGEM GEOMORFOLÓGICA

João Claudio ESTAIANO [1]

RESUMO

Este artigo apresenta um panorama da atividade mineradora na RMSP nos últimos 100 (cem) anos, discutindo a relação complexa entre a importância dessa atividade para o homem e o grande impacto causado sobre o meio físico.

A ocupação das terras paulistanas e as atividades industriais desenvolvidas na RMSP requerem uma grande diversidade de minerais entre os quais destacam-se aqueles empregados diretamente na construção civil, conhecidos como agregados (areia e rocha britada).

É justamente a exploração deste grupo de minerais que será enfatizada neste trabalho, pois se pretende colocar em discussão os impactos que tal extração mineral tem sobre o meio físico, salientando um diagnóstico sobre as intervenções no relevo.

A preocupação referente aos impactos das atividades humanas sobre o espaço tem também uma expressão nas legislações mais recentes. No caso da mineração, este processo tem início com o Código Florestal de 1965, que restringiu algumas áreas para exploração e segue com mais alguns instrumentos legais até os dias de hoje. Será exposto um sucinto quadro sobre o histórico desta legislação acerca da atividade minerária.

INTRODUÇÃO

A Região Metropolitana de São Paulo (RMSP) se estende por uma área de 8051 km^2, onde se assentam cerca de 18 milhões de habitantes distribuídos ao longo dos 39 municípios que a compõem (EMPLASA, 1994; SEADE, 2005). A mancha urbana contínua da RMSP se concentra na área drenada pelo Rio Tietê na Metrópole. Essa área, a Bacia Hidrográfica do Alto Tietê, concentra o maior contingente populacional do país, onde ocorreu um processo intenso e diversificado de mudança e intervenção antrópica no meio natural, em função do desenvolvimento e expansão urbano-industrial de São Paulo e seus arredores desde o começo do século XX.

Nos últimos 100 (cem) anos o quadro que se apresenta é de extrema transformação no meio físico. As formas de relevo foram drasticamente alteradas. Grandes áreas foram desmatadas para darem lugar a indústrias e todo tipo de edificação. Os rios da Metrópole sofreram retificações, como foi o caso do Tietê, Pinheiros e Tamanduateí e suas planícies de inundação foram incorporadas ao tecido urbano. Outros rios tiveram seu vale afogado por criação de barragens (Guarapiranga e Billings, principalmente).

As intervenções sempre foram ampliadas e intensificadas com o crescimento da Metrópole. A geração de energia elétrica e o abastecimento de água, por exemplo, fizeram com que ocorressem grandes alterações nos rios da RMSP. Esse vertiginoso crescimento trouxe uma demanda muito grande por infra-estrutura e matérias-primas. Nesse contexto, os minerais não metálicos, de uso direto na construção civil, foram imprescindíveis para o crescimento da Região Metropolitana de São Paulo. Este artigo apresenta um quadro sintético dessa

[1] Universidade de São Paulo, Aluno de pós-graduação em geografia física, estaiano@usp.br

importância e expõe os principais aspectos que norteiam a extração de minerais agregados (areia, cascalho e brita) na história da construção da RMSP.

RECURSOS MINERAIS: CONCEITUALIZAÇÃO E IMPORTÂNCIA

Os recursos naturais da Terra se constituem como a fonte mais importante de bens para suprir a demanda das sociedades. Os reinos animal, vegetal e mineral formam a tríade que sustenta a vida no planeta. Isto é, os bens minerais se constituem como um recurso fundamental para a manutenção da vida. A exploração dos recursos naturais apresenta uma importância que pode ser medida pela dependência do homem moderno. Na Tabela 1 tem-se uma estimativa da utilização pelo homem dos recursos naturais da Terra, demonstrando essa relação.

Tabela 1 – Estimativa de Utilização dos Recursos Naturais da Terra por Reino

Reinos da Natureza	Vegetal	Animal	Mineral
Consumo Humano em kg/ano	400/500	300/350	2.000/20.000

Fonte: SUDELPA (1986), Adaptado.

A utilização dos recursos naturais da Terra é tão antiga quanto a existência humana. Os primeiros habitantes da Terra já utilizavam esses recursos. Os minerais, por exemplo, sofreram um salto de consumo devido à demanda cada vez maior da sociedade. Como conseqüência, apareceram novas técnicas que facilitaram a extração dos bens minerais. Segundo Sudelpa (1986), o homem, há cerca de 250 mil anos consumia em média 1 mineral (sílex); há 6 mil anos, cerca de 25 minerais; há 100 anos, 120 minerais e nos dias atuais, mais de 400 minerais. Na Tabela 2 apresenta-se a importância de alguns minerais no uso cotidiano das pessoas.

Tabela 2 – Exemplos de usos dos bens minerais pela sociedade moderna.

Área de Consumo	Sub-área	Emprego	Bens Minerais
Alimentação	Agricultura	Fertilizantes	Fosfato, potássio, nitrato, calcário, etc.
	Indústria Alimentar	Temperos e embalagens	Sal de cozinha, estanho, ferro, alumínio, caulim, talco, etc.
Higiene	Indústria de Cosméticos	Higiene pessoal	Caulim, talco, alumínio, etc.
Saúde	Indústria Farmacêutica	Remédios	Quartzo, calcário, sais minerais, petróleo , etc.
Energia	Combustíveis sólidos, líquidos e gasosos	Automóveis, gás de cozinha, indústrias	Petróleo, carvão, gás natural, etc.
	Energia Elétrica	Iluminação, eletrodomésticos, indústrias, etc.	Cobre, ferro, alumínio, brita, calcário, areia, petróleo, etc.
Construção Civil	Habitação	Moradia	Ferro, zinco, areia, brita, chumbo, cobre, petróleo, etc.

Fonte: SUDELPA (1986); IPT (2003), adaptado.

Os recursos minerais podem ser classificados como um recurso de concentração natural, encontrados na superfície ou no interior da crosta terrestre, de tal forma que sua extração seja potencialmente viável e apresente valor para o homem. O recurso mineral, então, pode ser definido não só pelas bases geológicas (ocorrência e distribuição), mas também critérios econômicos. Quando um mineral assume importância econômica ou social então ele passa a ser denominado minério e quando sofre o processo de beneficiamento passa a ser denominado bem mineral (SUDELPA, 1986; BROW *et. al*., 1997; IPT, 2003).

Os minerais são divididos em metálicos e não metálicos. Neste artigo será dado enfoque aos minerais não metálicos. Os minerais não metálicos são classificados em materiais de construção (agregados), matérias-primas de fertilizantes e minerais industriais (calcário, argila, rochas ornamentais e gesso). Os materiais da construção geralmente são empregados diretamente, sem sofrerem processos industriais, mas apenas beneficiamento na mina (MACEDO, 1998).

Os bens minerais não metálicos são muito importantes para o atendimento direto das necessidades da população, no entanto, possuem menor relevância no cenário econômico e industrial. Os minerais energéticos e metálicos dominam o mercado de exploração e importação do Brasil, enquanto os não metálicos têm tímida participação, com destaque apenas para os industriais e os fertilizantes, ficando os agregados excluídos dessa participação. Os minerais utilizados diretamente na construção civil possuem baixo valor agregado e envolvem grande volume de produção. Além disso, o custo de transporte onera muito o produto, o que exige a presença de jazidas passíveis de exploração próximas aos centros consumidores. No caso da areia para construção civil, supõe-se que o custo seja de 5 centavos de dólar por tonelada-quilômetro (t/km), podendo, em alguns casos, o preço final da areia dobrar quando transportada por cerca de 60km (BROWN, et. al., 1995).

Atualmente a Região Metropolitana de São Paulo sofre um problema crônico no abastecimento de matéria-prima para construção civil, principalmente areia. Apenas 25% desse material é extraído na própria região. Segundo Macedo (1998), do montante estimado de 12.887,040 m^3 de areia utilizados anualmente na RMSP (cerca de 0,7m^3/habitante/ano), 75% era importado de outras áreas com até 250km de distância. No entanto, no começo da década de 1930, o quadro que se apresentava era outro, em pleno crescimento e expansão a cidade começava a intensificar a exploração de seus recursos minerais de uso direto na construção civil (primeiro a areia e cascalho e posteriormente rocha britada), que integraram a edificação de habitações, estradas e todo tipo de obra civil na RMSP.

CRESCIMENTO E EXPANSÃO URBANA DA RMSP E A MINERAÇÃO

O desenvolvimento urbano-industrial paulistano provocou o aumento das vias de comunicação e circulação. Em meados de 1940 a população evoluía progressivamente assim como a demanda por infra-estrutura. Nas décadas subseqüentes ocorreu um crescimento constante e irregular da mancha urbana. O centro crescia verticalmente, enquanto os subúrbios eram incorporados à mancha urbana, gerando o desenvolvimento de núcleos urbanos mais afastados das áreas contínuas do tecido urbano para depois serem incorporados à metrópole. Esse processo aconteceu principalmente na cidade de São Paulo e seus arredores próximos, para depois atingir toda a área, hoje denominada como Região Metropolitana de São Paulo.

Até a década de 1940, a mancha urbana de São Paulo e seus arredores próximos encontravam-se assentadas sobre as colinas de São Paulo, sustentadas pela Bacia Sedimentar de São Paulo. A incorporação de novas áreas ao tecido urbano ocasionou a ocupação dos morros cristalinos e das planícies de inundação dos principais rios da Metrópole. Na Tabela 3, tendo como exemplo a cidade de São Paulo, é possível observar esse crescimento populacional grandioso da Região.

A consolidação do sistema urbano induziu a expansão das indústrias, dos sistemas financeiro e comercial. Estas atividades promoveram o desenvolvimento de outras, tipicamente urbanas: comércio varejista, transportes urbanos, comunicação, energia elétrica, construção civil, equipamentos urbanos, entre outros (SEADE, 1983).

Tabela 3 – Crescimento da População na cidade de São Paulo.

Anos	Habitantes
1900	239.820
1920	579.033
1940	1.318.539
1950	2.198.096
1960	3.666.701
1970	5.924.615
1980	8.493.217
1990	9.512.545

2000	10.508.218

Fonte: Azevedo, A. (1956) e SEADE (2005)

Para alavancar esse crescimento vertiginoso foi necessário o incremento de matérias-primas como aquelas de origem mineral. Os minerais não metálicos utilizados diretamente na construção civil (areia, cascalho e rocha britada) exerceram papel fundamental no crescimento e expansão da RMSP. A exploração dos leitos de rios, planícies e terraços fluviais, ricas em aluviões arenosas e, posteriormente a utilização de pedreiras para explotar rocha britada compuseram um cenário que pode ser analisado como de transformação do meio físico e de crescimento da Metrópole.

Foi só a partir do começo do século XX que o Brasil começou a substituir a técnica de construção com argila e madeira (pau-a-pique) pelo uso do cimento *Portland* (SANCHEZ, 2003). O uso do cimento demandou a utilização da areia e do cascalho e, posteriormente, da rocha britada. As edificações e estradas passaram a ser construídas por técnicas de engenharia civil que utilizavam a massa de concreto.

Como salientado, foi a partir de 1940 que São Paulo começou a ter o seu maior nível de crescimento, mas na cidade de São Paulo, já no começo do século XX, era realizada a extração de areia e cascalho nos leitos dos Rios Tietê e Pinheiros. A extração era feita por meio de técnicas rudimentares. Geralmente os barcos eram conduzidos por dois trabalhadores que retiravam areia do fundo dos rios e depositavam nos barcos para depois levá-la até os portos de areia, onde se dava a comercialização (SEABRA, 1987). Progressivamente, as técnicas de extração foram sendo modificadas e a partir de 1930, foi introduzida a draga de sucção. Esse aparelho realizava o trabalho de várias barcaças, e então os barqueiros que trabalhavam "avulsos" passaram a transportar areia e cascalho retirados pela draga de donos de portos de areia.

Por volta de 1940, a Empresa Light, detentora do monopólio do rio Pinheiros, começava retificá-lo e logo após a Prefeitura paulistana começava a executar o projeto de retificação do Rio Tietê. Os mineradores, então, perdiam suas áreas de extração.Também começava a vigorar na região outro modelo de extração de areia e cascalho, o das explorações das aluviões nas planícies de inundação do Tietê e Pinheiros.

As aluviões depositadas por esses rios mostravam-se ricas em areia. Segundo Ab'sáber (2000, p.20) "Era costume dizer entre os areieiros do passado, na região da Penha Baixa, que era preciso 'destampar a várzea para encontrar areia'. Uma descoberta empírica, que ocasionou a mais forte exploração de cavas para obtenção de areias, de todo o Brasil, (Carapicuíba, Penha Baixa, Cidade Universitária e sobretudo Itaquaquecetuba). Massas de areia vendidas ao longo de toda a segunda metade do século para construção da Metrópole. Exploração agressiva nos locais de maior espessura das camadas arenosas cruzadas".

Após a década de 1950, as planícies de inundação e terraços foram incorporadas ao tecido urbano da Metrópole e grandes áreas de extração de areia deram lugar às vias marginais. Nesse período, começa uma nova modalidade de extração mineral: a exploração de pedreiras. Como o cascalho começava a ser um bem escasso, devido às várias intervenções nos seus jazimentos naturais, a rocha britada começa a substituí-lo e a indústria mineradora introduz novas técnicas de extração, beneficiando a rocha e transformando-a em brita.

Atualmente, os materiais demandados pela RMSP são importados, pois a atividade mineradora na região não consegue suprir sua necessidade de agregados, principalmente areia. O seu maior fornecedor é a Região do Vale do Paraíba do Sul. Isso se deve, em primeiro lugar, ao esgotamento das jazidas e ao crescimento e expansão da mancha urbana, que incorporou áreas passíveis de exploração. O conflito do uso do solo com minas (principalmente pedreiras) e o avanço da urbanização constituem um problema atual na região. O esgotamento desses jazigos minerais faz com que a extração sempre aconteça em lugares cada vez mais afastados do centro consumidor, onerando o preço final do produto.

OCORRÊNCIA E DISTRIBUIÇÃO DOS MINERAIS NÃO-METÁLICOS NA RMSP

Os jazimentos minerais possuem uma íntima relação com a geologia de cada área. Os processos que ocorrem no meio físico expõem camadas de rocha, transformam minerais primários e revelam indícios de jazimentos minerais. O relevo, o solo, o clima, a cobertura vegetal, exercem papel fundamental sobre a geologia na configuração dos terrenos e nos processos que exercem influencia nos depósitos minerais. Em alguns casos, as formas de relevo e seus processos geradores podem evidenciar jazimentos minerais, que neste caso são materiais gerados por processos geomorfológicos que dão feição às formas de relevo (VERSTAPPEN, 1983).

A espacialização das formas de relevo e da geologia ajudam a compreender a configuração dos principais depósitos minerais da RMSP. A compreensão do meio físico conduz as maiores evidências de localização e tamanho dos jazimentos minerais. É fundamental o entendimento dos processos que geraram a condição atual das rochas, do relevo e dos solos, pois são eles os principais atributos que devem ser considerados para efetuar o mapeamento dos depósitos minerais.

A RMSP encontra-se assentada na área compreendida pelo Planalto Atlântico (ALMEIDA, 1974). Este compartimento morfoestrutural encontra-se subdividido em zonas e subzonas. Essencialmente, a área sob análise encontra-se no domínio da zona do Planalto Paulistano, na subzona Morraria do Embu, que compreende o embasamento cristalino e as Colinas Paulistanas, assentados sobre a Bacia Sedimentar de São Paulo e trechos da Bacia Sedimentar de Taubaté (AB'SÁBER, 1957; ALMEIDA, 1974; IPT, 1981).

Na Figura 1 pode-se observar os compartimentos geológicos-gemorfológicos e a representação das divisões das bacias hidrográficas que compõem a RMSP.

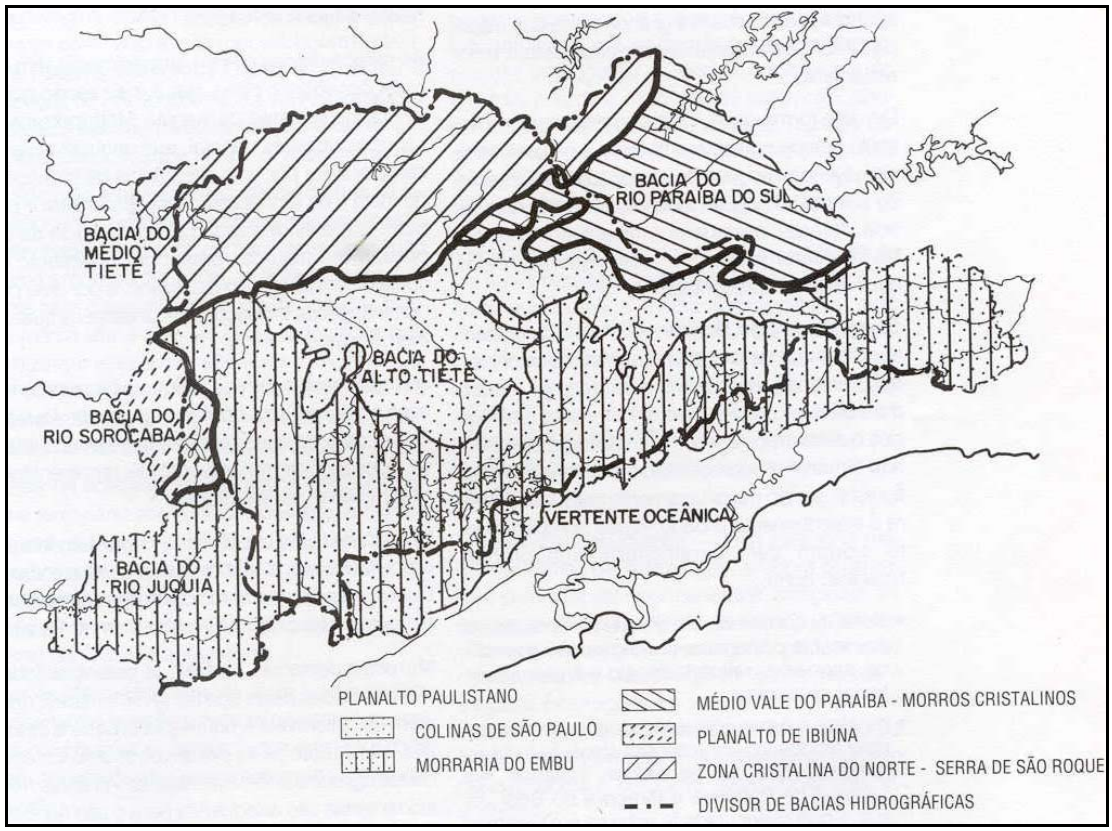

Figura 1 – Mapa geológico-geomorfológico da RMSP. Fonte: EMPLASA (1994), Adaptado.

A partir da leitura do mapa, estabeleceu-se uma relação entre os principais compartimentos morfoestruturais da RMSP e os jazimentos a eles associados, a saber:

Rochas do embasamento cristalino, de idade presumivelmente Pré-cambriana (granitos, gnaisses, migmatitos, xistos, quartzitos, entre outros). Essas rochas estão associadas à maciços antigos como a Suítes Graníticas, ao Grupo São Roque (norte da RMSP) e Açungui (S-SE da RMSP) e outros Complexos. O relevo nestas áreas apresenta-se em morros e morrotes policonvexos e algumas elevações como a Serra da Cantareira, com predomínio de extração mineral de areia, rocha britada e caulim (AB'SÁBER, 1957; ALMEIDA, 1974; BITAR, 1997).

Sedimentos Terciário-Quaternários, de origem das Formações das Bacias Sedimentares de São Paulo e Taubaté. As formas de relevo apresentam-se em colinas com declividades suaves, áreas drenadas pelo Rio Tietê na Metrópole e cabeceiras do Paraíba do Sul, onde se destaca a produção de areia. Esta área possui um dos maiores aglomerados humanos do mundo.

Aluviões recentes, associadas a morfologias fluviais, geralmente distribuídos em planícies de inundação dos principais rios da Metrópole, como o Rio Tietê e afluentes, predomínio da exploração de areia e argila.

A RMSP é uma área propícia a extração de minerais não metálicos. Bitar (1997) aponta que 75% da produção mineral na RMSP corresponde a minerais que não sofrem beneficiamento industrial (areia e brita, principalmente). Há reservas minerais totalizando cerca de 819.840 mil toneladas para brita e 264.959 mil toneladas para areia (SINTONI, 1994.), sendo o restante concentrado em minerais industriais (caulim, quartzitos, argilas, entre outros), ainda contando com 3% do total para produção de águas minerais.

Na Tabela 4 – Observa-se a produção dos minerais na RMSP e respectivos números de estabelecimentos produtores (minas).

Tabela 4 – Números de Minas na RMSP e produção anual estimada.

Substância Mineral	Produção Anual	Número de Minas
Água Mineral	31.705.300 l	08
Areia para Construção	1.908.585m^3	66
Areia e Quartzito Industrial	138.768 t	09
Argilas	515.392 t	46
Rocha Britada	10.283.335 m^3	37
Rocha Calcária	1.308.522 t	01
Rochas Dimensionadas e Aparelhadas	9.312 m^3	09
Outros Bens Minerais	56.975 t	12
Total	-	188

Fonte: Bitar (1997) *apud* Ruiz; Neves (1990).

O bem mineral mais produzido atualmente na RMSP é a rocha britada, que corresponde a mais de 50% da produção, logo em seguida vem a areia com 20%, o caulim com 10% e outros minerais que somam os 20% restantes (VALVERDE, 1997).

IMPACTOS DA MINERAÇÃO SOBRE O RELEVO NA RMSP

A atividade mineradora é hoje grande contribuinte da economia brasileira. Sua importância é indiscutível no cenário nacional e internacional. Como já salientado, as matérias-primas e insumos advindos da extração mineral tornam-se, nos dias de hoje, importante fator não são só para economia, mas também para manutenção da vida humana em sociedade, estando presentes em setores como saúde, agricultura, comunicações, construção, transportes, entre outros. Fica evidente a importância dada aos recursos minerais. No entanto, ao mesmo tempo em que a atividade minerária é importante para o homem, ela provoca grande impacto negativo sobre o meio físico. Neste sentido, se estabelece um binômio complexo e polêmico: assegurar o suprimento de matérias primas minerais e garantir as condições de qualidade ambiental (IPT, 2003).

Se analisado por este viez, afirma-se que a mineração é imprescindível e, portanto, o tema merece a análise e reflexão. A extração mineral altera o ambiente porque muda formas e processos e a organização dos materiais envolvidos em pequena e grande escala, podendo trazer grandes alterações no ambiente pelos impactos cumulativos inerentes à atividade que geralmente possui grande área de abrangência que extravasa mina (ESTAIANO, 2004).

A atividade mineradora provoca mudanças no 'balanço geomorfológico' (produção, retirada, transporte e deposição), a pedogênese e os processos intempéricos ficam desestabilizados. A ação direta do homem sobre o relevo altera limiares naturais e introduz outros de ordem antrópica, podendo aumentar as taxas de erosão, assoreamento, movimentos de massa, entre outros. A morfologia é alterada como também os processos, com a retirada dos materiais originais (cobertura vegetal, serrapilheira, solo, rocha alterada, etc.), ficam desestabilizados provocando alterações nas taxas de magnitude e freqüência dos processos (NIR 1983; TOY&HADLET, 1997; RODRIGUES, 1997, 1999 e 2004).

Na análise dos impactos da mineração sobre o relevo, NIR (1983, p.63) em seu trabalho *Man, a Geomorphological Agent*, colocou: "The impact of mining on geomorphology consists of changes in the surface, extraction of minerals, their accumulation above the ground, changes in the stability of the upper layers of the earth's crust, and, last but not least, of changes when derelict areas are being reclaimed."

Para analisar os impactos da mineração no relevo é importante reconhecer que a relação entre o homem e a superfície do solo não se dá somente pela criação de novas formas, mas também na modificação das taxas e intensidades dos processos naturais. Deve-se tomar as ações humanas como ações geomorfológicas – onde ocorrem mudanças nos atributos das formas – nas propriedades e posicionamento dos materiais – e nas taxas, balanços, magnitude, freqüência e localização dos processos geomorfológicos (SELBY, 1985; RODRIGUES, 1999 e 2004).

Para ter a compreensão mais exata dos fatores intervenientes no processo de alteração das propriedades do meio físico, e especialmente o relevo, é importante conhecer o grau de tecnologia atingido pela indústria extrativa mineral. O uso de técnicas cada vez mais avançadas na mineração propicia a retirada da substancia mineral até o esgotamento da jazida.

A Tabela 5 mostra os principais tipos de modalidades extrativas na Região Metropolitana de São Paulo, cada forma de relevo atingida diretamente pela extração e suas respectivas origens geológicas.

Tabela 5 – Técnicas de Extração Mineral de areia e brita na RMSP e formas de relevo envolvidas.

Substância	Técnica de Extração	Formas de Relevo	Origem geológica dos jazimentos
Areia	Dragagem	Leitos, dunas fluviais e morfologia típica	Sedimentos Quaternários
Areia	Desmonte Hidráulico e Mecânico	Planícies de Inundação, terraços fluviais e colinas	Sedimentos Quaternários e Terciários
Areia	Desmonte Hidráulico e Mecânico	Morros e Morrotes	Manto de Alteração de rochas (rochas granitóides, principalmente)
Brita	Desmonte por explosivo	Morros e Serras	Rochas Pré-cambrianas

Fonte: IPT (2003), modificado.

As técnicas utilizadas para extração das substâncias minerais ficam condicionadas ao tipo de minério e o seu jazimento e a capacidade de investimento do minerador. Essas particularidades condicionam as técnicas para cada tipo de modalidade extrativa.

Uma análise mais acurada de cada técnica proporciona um melhor entendimento dos impactos sobre o relevo, conforme é tratado a seguir, sobre a mineração de areia e brita e suas conseqüências sobre as formas de relevo e os processos geomorfológicos.

A EXTRAÇÃO DE AREIA EM LEITO DE RIOS E REPRESAS

A extração de areia em leitos de rios e represas na RMSP praticamente não existe mais, ocorrendo apenas para manutenção e controle do assoreamento dos canais do Rios Pinheiros e Tietê (trecho retificado) e atualmente apresenta poucos registros na RMSP. Mas, conforme foi descrito, já esteve em evidência no começo do século XX até aproximadamente 1940, com atividades nos rios Pinheiros e Tietê. Entretanto, essa modalidade de extração de areia em leito de rios corresponde 90% da areia extraída no Brasil. No Estado de São Paulo, 45% da areia é de planícies fluviais, 35% de leito de rios e 20% utiliza outras fontes (manto de alteração de rochas e pó de pedra). Na Figura 2 pode-se observar a técnica de extração em leito de rios

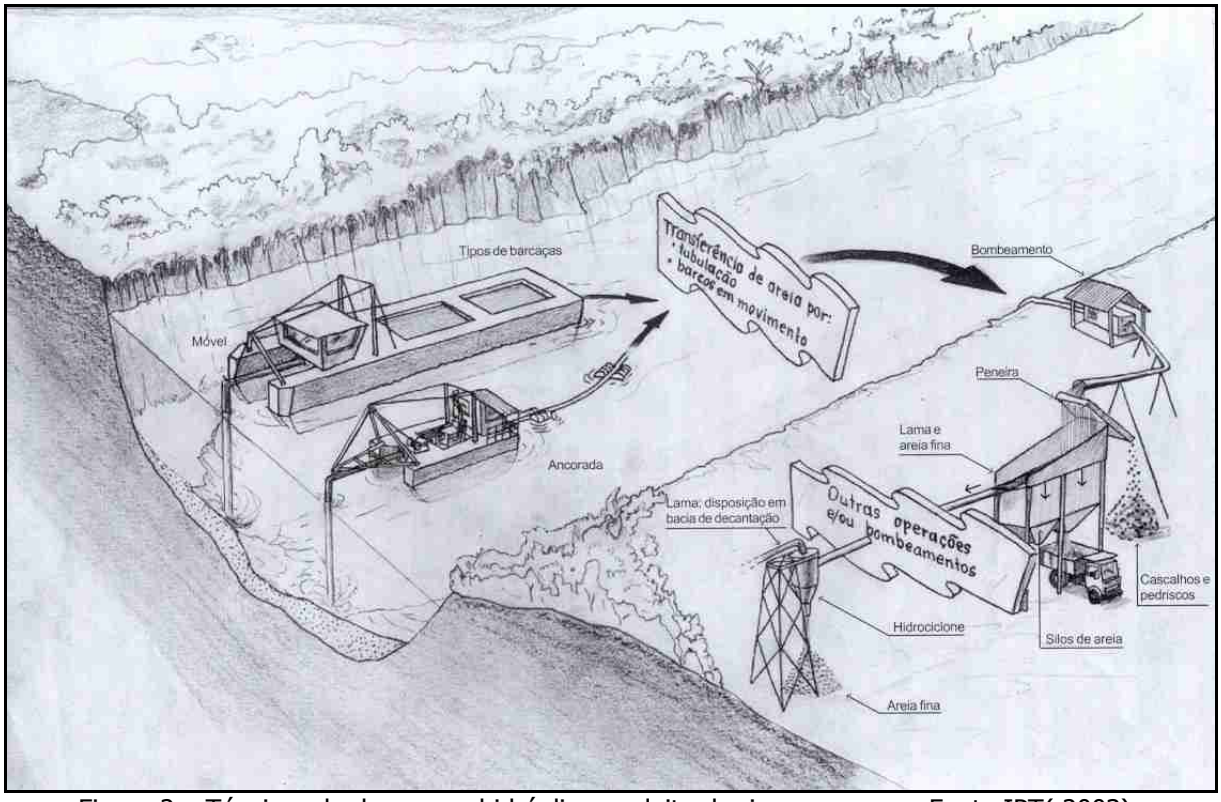

Figura 2 – Técnicas de dragagem hidráulica em leito de rios e represas. Fonte IPT(2003).

A técnica consiste na sucção do material arenoso do fundo de leitos fluviais por meio de bombeamento. A areia então é enviada para barcaças e destas para áreas de estocagem, onde o produto é beneficiado (separação granulométrica) e expedido para venda. Geralmente o material mais fino e cascalho, que não foram vendidos, são descartados no leito dos rios.

Os principais impactos se concentram em alterações da morfologia fluvial do fundo e margens dos canais e em modificações, quando em áreas tipicamente meândricas, de depósitos de barra de meandros, alterando o equilíbrio fluvial. Os processos fluviais, que contribuem no equilíbrio do ecossistema fluvial, acarretam alterações no sistema e os materiais são remobilizados e retirados. Como conseqüência podem ocorrer distúrbios em relação à comunidades faunísticas (soterramento da fauna que vive no fundo dos canais) e aumento da turbidez da água.

A EXTRAÇÃO DE AREIA EM PLANÍCIES DE INUNDAÇÃO E MORROS

A extração nas planícies de inundação ricas em areia também já foi muito aplicada na Metrópole. As aluviões dos Rios Tietê e Pinheiros foram indistintamente extraídas pela mineração de areia e secundariamente de argila. Atualmente, entre as minas que extraem areia na RMSP, essa modalidade é a que mais se destaca. As áreas abrangidas pelo Rio Tietê, nos municípios de Itaquaquecetuba, Mogi das Cruzes e Biritiba Mirim, são grandes produtoras de areia de origem de deposição fluvial. Também entram no computo outras

áreas com produção incipiente, nos rios mais afastados dos centros urbanos, como o alto curso do rio Embu-Guaçu, no município de São Paulo, entre outras.

Atualmente também está sendo realizada na RMSP, a extração de mantos de alteração de morros cristalinos, com embasamento granítico. A técnica consiste em beneficiar o solo intemperizado, lavrando as encostas dos morros até atingir a rocha sã. Esse tipo de extração se concentra no sul do município de São Paulo (região de Grajaú/Parelheiros).

A extração de planícies fluviais ricas em aluviões com matriz arenosa e morros sustentados por embasamento cristalino, com grandes mantos de alteração, acarretam drásticas modificações nas formas de relevo, podendo atingir, em algumas minas, profundidade superiores a 40m (IPT, 2003).

As técnicas utilizadas em extrações de planícies de inundação e mantos de alteração (ver figuras 3 e 4) baseiam-se em duas modalidades conjugadas: o desmonte mecânico e hidráulico. Inicialmente, é realizada a remoção da cobertura vegetal e do horizonte orgânico, depois remove-se a parte estéril (camada do solo que não é formada por minério), no caso areia. Após a abertura das frentes de lavra, por retro-escavadeiras e pás-carregadeiras, entra em ação a força hidráulica da água. Jatos d'água em alta pressão são direcionados aos taludes abertos pela escavação das máquinas e desagregam as partículas, provocando desmoronamento e movimentação do material friável por gravidade. O material, então, se concentra em um ponto de convergência na cava onde é bombeado, por meio de dragas, para separadores granulométricos (hidrocliclones). Na separação, o material mais fino (rejeito) é depositado nas cavas exauridas onde sofre decantação e a areia e cascalho são expedidos.

Ao contrário da extração em leito de rios e represas, estas outras modalidades acarretam, em primeiro lugar, um impacto visual muito grande na paisagem. Isso se dá devido aos altos volumes de movimentação e remobilização de materiais e também pelas grandes dimensões da cava e frentes de lavra.

Assim, são observáveis nestas áreas alterações no modelado e, conseqüentemente, nos materiais e processos geomorfológicos. Devido a remoção e/ou degradação da cobertura vegetal e da camada de solo orgânico, a área fica suscetível aos processos erosivos. Ocorrem alterações nos perfis naturais das vertentes e aparecimento de sulcos e ravinas e, em alguns casos de minerações abandonadas, surgem voçorocas. O processo de assoreamento de canais pela alteração do escoamento pluvial e a ocorrência de enchentes também são freqüentes. Essas alterações são impactos cumulativos, que desencadeiam drásticas alterações no relevo e no meio físico se não controladas.

No entanto, apesar das técnicas serem as mesmas, existem diferenças na extração em planícies de inundação (aluviões) e morros e morrotes (manto de alteração), o que está intrinsecamente relacionado às formas de relevo e aos processos ligados à sua gênese. As diferenças entre idade e origem de formação interferem na composição e arranjo dos materiais desagregados pelo desmonte. Neste sentido, o impacto pode ser menor ou maior, dependendo da modalidade analisada, em ambientes com gênese e evolução diferentes.

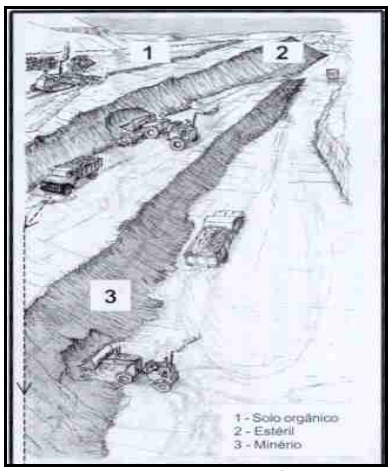

Figura 3 – Técnicas de Desmonte Mecânico, Fonte: IPT(2003).

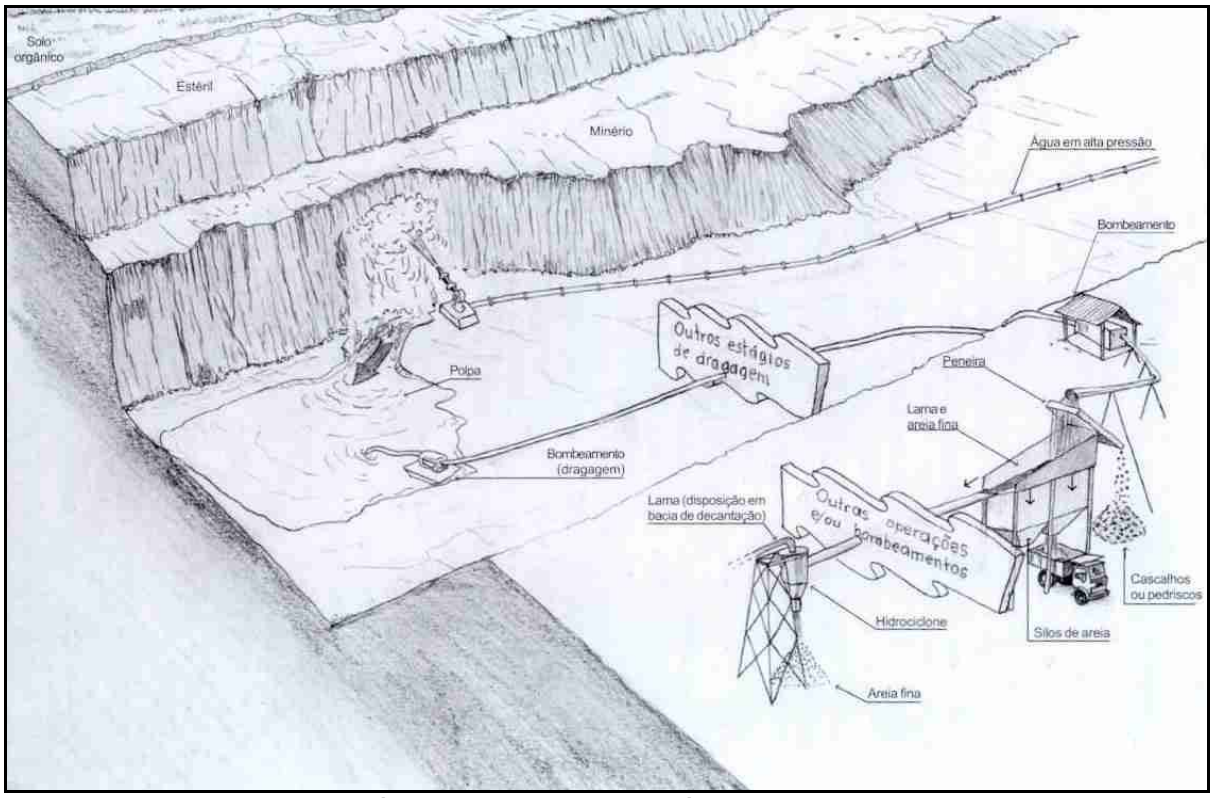

Figura 4 – Técnicas de Desmonte Hidráulico. Fonte: IPT (2003).

A EXTRAÇÃO DE ROCHA BRITADA

A extração de rocha começou a ocorrer em São Paulo graças à escassez de cascalho a partir de 1940. Para garantir o suprimento de brita, devido ao aumento crescente da demanda da Metrópole, houve abertura de várias pedreiras principalmente na região norte da cidade de São Paulo e Mairiporã, região leste da cidade de São Paulo e Guarulhos e regiões sul e sudeste da RMSP (Grande ABC, e Itapecerica da Serra e adjacências), onde predominam rochas do embasamento cristalino.

A extração de rocha se inicia pelo decapeamento do solo retirado do horizonte orgânico, e manto de alteração, até atingir a rocha sã. Com a rocha à mostra, procede-se a perfuração vertical de vários pontos, por meio de perfuratriz mecânica, até uma profundidade pré-determinada por cálculos de engenharia de minas. Após a perfuração, os furos são preenchidos com carga explosiva e detonados (ver Figura 5). O objetivo é uma boa fragmentação da rocha. Esse material se acumula nos pés das bancadas (taludes) e são carregados por caminhões de grande porte até o beneficiamento. No beneficiamento, os

fragmentos de rocha passam por vários estágios de britagem, que acarreta a seleção de vários tipos de brita, desde o rachão (com maiores dimensões) passando pela brita 1, 2, 3, 4, 5, pedrisco e até o pó de pedra, que atualmente tem substituído a areia em algumas obras em São Paulo (IPT, 2003).

As alterações advindas das extrações de rocha são similares, nos primeiros estágios (retirada da cobertura vegetal e do horizonte orgânico e decapeamento), àquelas exercidas pela extração de areia em mantos de alteração. Contudo, nos estágios da extração da rocha propriamente dita, as alterações se concentram na desestabilização de vertentes, em impactos diretos na morfologia fluvial, com supressão de nascentes, e afloramento do lençol freático. Os processos geomorfológicos, principalmente os vinculados as vertentes, ficam desestabilizados. Grande quantidade de material é remobilizado (estéril) e acumulado em "bota-foras", que ficam sujeitos a todo tipo de processo erosivo, podendo assorear canais e planícies fluviais inteiras. Outros impactos negativos são vibrações (sobrepressão do ar), elevados níveis de ruído, emissão de material particulado e conflitos com loteamentos recentes que se instalam próximos às pedreiras.

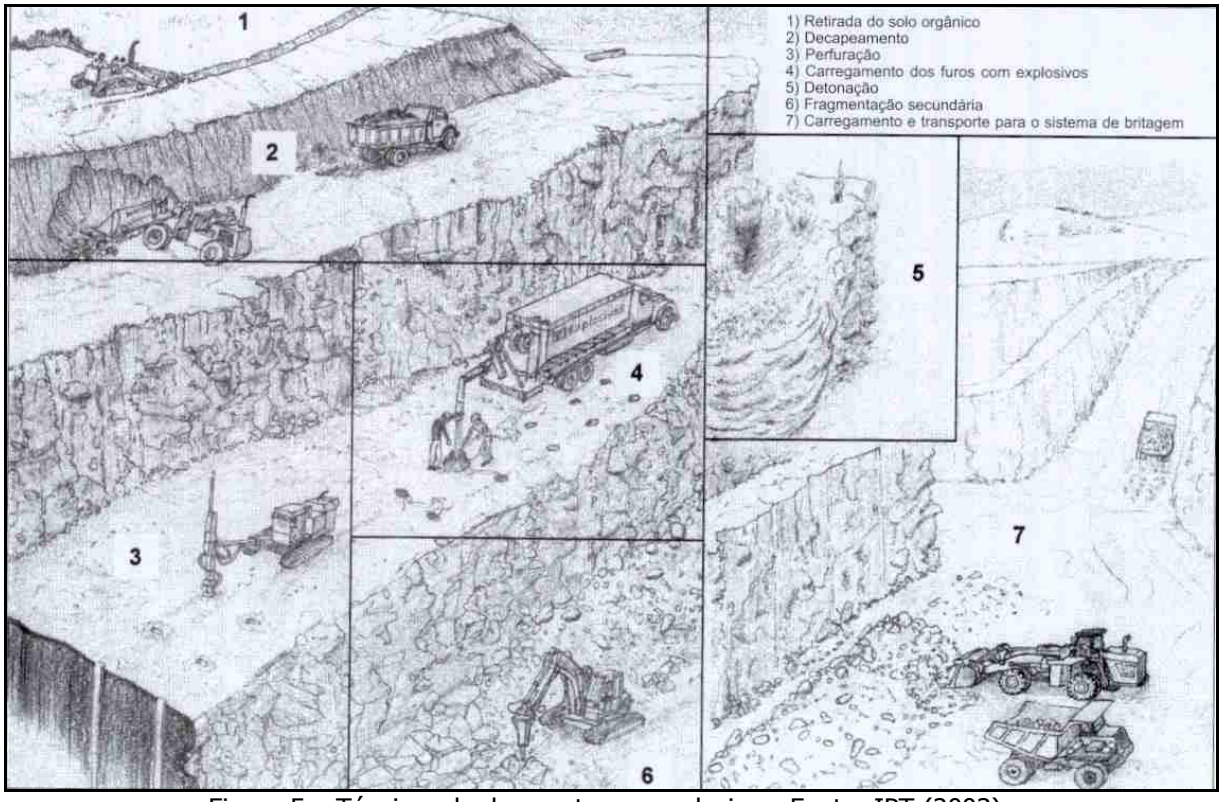

Figura 5 – Técnicas de desmonte por explosivos. Fonte: IPT (2003).

LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A MINERAÇÃO: UM QUADRO GERAL

A legislação ambiental é relativamente recente e em muitos casos conflita com a legislação mineral que é mais antiga. O primeiro diploma legal que disciplinou a atividade, mesmo que de forma indireta, foi o Código Florestal de 1965, que instituiu as áreas de preservação permanente, onde a mineração foi impedida. No estado de São Paulo especificamente, até finais da década de 1970, ocorreu uma lacuna entre o Código Florestal e a criação da CETESB, em 1976, que veio para disciplinar e fiscalizar atividades poluidoras no estado de São Paulo.

Em 1981, o Governo Federal promulga a Lei nº 6938 de 1981 sobre a Política Ambiental que exige o licenciamento ambiental de atividades que utilizam recursos ambientais. Em 1983, por meio do Decreto 88351de 1983, amplia o conteúdo da Lei 88351, fixando critérios básicos que norteiam os Estudos de Impacto Ambiental para fins de Licenciamento.

Finalmente em 1986, através da Resolução CONAMA 01 de 1986, é exigida a apresentação de EIA / RIMA para atividades potencialmente poluidoras.

Em 1988 é promulgada a nova Constituição Federal 1988, e no Capítulo VI - do Meio Ambiente, Artigo 225, § 1º, Inciso IV, consta a exigência da apresentação de EIA/RIMA, para instalação de empreendimentos potencialmente poluidores e também disciplina a recuperação de áreas degradadas.

Já em 1989, após a Constituição Federal ser publicada, o Governo Federal emite o Decreto 97.632/89, que determina a apresentação do Plano de Recuperação de Áreas Degradadas por atividade mineradora ao órgão ambiental competente. No mesmo ano, a Secretaria de Meio Ambiente de São Paulo emite a Resolução SMA 18/89, que dispõe sobre o Plano de Recuperação de Áreas Degradadas – PRAD e o seu roteiro de execução, tanto para empreendimentos pré-existentes à legislação como novos.

De 1990 até os dias de hoje, o que se observa são publicações de uma grande gama de legislações específicas a cada ramo de atividade poluidora e sua devida reabilitação, seja no tocante a flora (revegetação), fauna (planos de manejo) meio físico (estabilidade de vertentes, contenção de processos erosivos e de assoreamento, entre outros).

Apesar do aparato muito vasto no campo legislativo, com instrumentos capazes de instruir uma apropriação e exploração de recursos minerais de forma mais planejada, podendo minimizar impactos negativos inerentes à atividade mineradora, o que se revela são ações muito aquém daquelas requeridas para uma exploração mais controlada (MORAES, 2003).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A mineração é uma atividade altamente impactante. Os impactos causados pela extração mineral, tanto os negativos (alterações do meio físico, biótico, conflitos com populações, etc.), quanto positivos (geração de empregos, impostos e divisas para união, etc.) devem ser encarados como inerentes à atividade.

No tocante ao meio físico, e em especial ao estudo do relevo, os impactos da extração mineral são diretos e cumulativos. A extensão areal, a intensidade, taxa e a duração da degradação (geralmente a vida útil do jazimento) são aspectos dos mais importantes a serem analisados quando se tratar da compreensão e remediação dos impactos negativos sobre o meio físico. Deve-se estudar os estágios de pré-intervenção (condições físicas originas e preservadas) anteriores a intervenção ou o mais próximo dela. E também o estágio de consolidação da intervenção e se houver pós-intervenção. A comparação de áreas com morfologia original e áreas com morfologia antropogênica leva a considerações sobre processos derivados ou diretamente associados à ação antrópica, o que auxilia nas avaliações sobre qualidade ambiental e recuperação da área (TOY; HADLEY, 1987 e RODRIGUES, 1997 e 2004).

Este artigo apresentou um panorama geral sobre o estudo que está sendo realizado em nossa pesquisa de mestrado, que tem como foco o entendimento das interferências e alterações antrópicas nas formas, materiais e nos processos geomorfológicos Hart (1986), que se desenvolvem em planície fluvial meândrica, em decorrência da mineração e de seus impactos sobre o modelado. Objetiva-se fazer o estudo dos impactos da mineração sobre a morfologia original por meio de reconstituição cartográfica e mapeamento geomorfológico de detalhe (por exemplo Tricart,1965; Savigear, 1965; Demek, 1976, entre outros) da planície fluvial do Rio Embu-Guaçu em seu alto curso. Esta área está localizada na porção extremo sul do município de São Paulo, onde há extração de areia por uma empresa mineradora desde meados da década de 1970.

Portanto, não foi pretensão realizar análises acuradas e nem tão pouco conclusivas acerca do tema, mas apenas propositivas já que se trata de um estudo em curso.

REFERÊNCIAS

AB´SÁBER, A. N. **O Sítio Urbano de São Paulo**, Tese de Doutoramento, FFLCH, USP, São Paulo, 1957.

AB´SÁBER, A. N. A Planície do Tietê no Planalto Paulistano, in**: Geomorfologia 57**, Instituto de Geografia, USP, São Paulo, 1978.

AB´SÁBER, A. N. - O Suporte Geoecológico das Florestas Beradeiras (Ciliares), in: RODRIGUES, R.R.; LEITÃO FILHO, H. de F.(org.) **Matas Ciliares Conservação e Recuperação**, EDUSP, FAPESP, São Paulo, 2000.

ALMEIDA, F. F. M. de **Fundamentos Geológicos do Relevo Paulista**, Instituto de Geografia, USP, (série teses e Monografias nº14), São Paulo, 1974.

AZEVEDO, A. de São Paulo Cidade Trimilionária, in: AZEVEDO, A.(org)- **A Cidade de São Paulo, Estudos de Geografia Urbana**, Vol I, A Região de São Paulo, Cia. Editora Nacional, São Paulo, 1956.

BITAR, O. Y. **Avaliação de Recuperação de Áreas Degradadas por Mineração na Região Metropolitana de São Paulo,** Tese de Doutoramento, EPUSP, Dep. de Engenharia de Minas, São Paulo, 1997.

BROWN, G. et al. **Materiais de Construção e outras Matérias-Primas – Bloco 2,** Recursos físicos da Terra, Editora UNICAMP/ The Open University, 1995, Tradução e Adaptação Luiz Augusto Milani Martins.

BROWN, G. et al. **Depósitos Minerais 1: Origem e Distribuição – Bloco 3 Parte 1,** Recursos físicos da Terra, Editora UNICAMP/ The Open University, 1997, Tradução e Adaptação Roberto Perez Xavier.

DEMEK, J. **Manual of Detailed Geomorphological Mapping**, Prague, Czechoslovak Academy of Sciences, IGU, 220pp., 1972.

EMPLASA. **Plano Metropolitano da Grande São Paulo 1994 a 2010**, São Paulo, 1994.

ESTAIANO, J. C. Atividade Minerária na RMSP: Um estudo Geomorfológico do Impacto da Mineração de Areia em Planícies Fluviais. IN: SEMINÁRIO DE PESQUISA EM GEOGRAFIA FÍSICA, II, São Paulo. **Anais...** DG/FFLCH/USP. CD-ROM, 2004.

HART, M.G. **Geomorphology Pure and Applied**, London, George Allen & Unwin. 226pp, 1986.

IPT **Mapa Geomorfológico do Estado de São Paulo**, volume I e II, São Paulo, 1981.

IPT **Mineração & Município, Bases para o Planejamento e Gestão dos Recursos Minerais**, São Paulo, 2003 (publicação IPT 2850).

MACEDO, A.B. Recursos Minerais não Metálicos in: **Revista de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo**, 12 (33), pp. 67-87, 1998.

MACHADO, I.F. **Recursos Minerais Política e Sociedade**, SCTDE/ Pró-Minerio, Edgard Blucher, 410 pp., 1989.

MORAES, A. C. R. Formação Territorial e Políticas Ambientais no Brasil, pp.79-87 in: RIBEIRO, W.C. (Org.) – **Patrimônio Ambiental Brasileiro**, São Paulo, Edusp, 622pp, 2003

NIR, D. **Man, a Geomorphological Agent – An Introduction to Antropic Geomorphology**, The Hebrew University, Jerusalem, 161pp., 1983.

RODRIGUES, C. **Geomorfologia Aplicada ao Planejamento Físico Territorial Brasileiro**, Tese de Doutoramento, Departamento de Geografia, FFLCH, USP, 1997.

RODRIGUES, C. On Anthropogeomorphology, in: Regional Conference on Geomorphology, Rio de Janeiro **Anais...**, 1999.

RODRIGUES, C. A Urbanização da Metrópole sob a Perspectiva Geomorfológica: Tributo a Leituras Geográficas, 89-114pp. in: CARLOS, A.F.A.; OLIVEIRA, A.U. de (org.) - **Geografias de São Paulo – Representação e Crise na Metrópole**, Editora Contexto, São Paulo, 430 pp. v.1, 2004.

SANCHEZ, L.E. A Produção Mineral Brasileira: Cinco Séculos de Impacto Ambiental, pp.125-163 in: RIBEIRO, W.C. (Org.) **Patrimônio Ambiental Brasileiro**, São Paulo, Edusp, 622pp, 2003.

SANCHEZ, L. E. et al. Projetos de recuperação: usos futuros e a relação com a comunidade in: in: ENCONTRO DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS, I, São Paulo, Secretaria de Administrações Regionais, **Anais**..., 55-73pp., 1994.

SANCHEZ, L. E. et al. Gerenciamento Ambiental e Mediação de Conflitos: um estudo de Caso in: in: CONGRESSO ÍTALO-BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE MINAS, II, São Paulo. **Anais...** EPUSP, SÃO PAULO BRASIL pp.473-498, 1993.

SAVIGEAR, R.A.G. A Technique of Morphological Mapping, in: Association of American Geographers, **Annals...** nº 55, p. 66-75, 1965.

SEABRA, O. C. de L. **Os Meandros dos Rios, nos Meandros do Poder: Tietê e Pinheiros - Valorização dos Rios e das Várzeas na Cidade de São Paulo**, Tese de Doutoramento, Departamento de Geografia, FFLCH, USP, São Paulo, 1987.

SEADE **Características Gerais do Processo de Industrialização Paulista**, São Paulo, 1983.

SEADE **São Paulo em Dados**, São Paulo, 2005 (informações retiradas do sítio www.seade.sp.gov.br).

SELBY, M.J. **Earth's Changing Surface,** Ed. Clerendon Press, 1985.

SINTONI, A. A mineração no cenário do município de São Paulo: mercado e novas tecnologias in: ENCONTRO DE MINERAÇÃO NO MUNICÍPIO DE SÃO PAULO – SITUAÇÃO ATUAL E PERSPECTIVAS, I, São Paulo, Secretaria de Administrações Regionais, **Anais**..., 31-42pp., 1994.

SUDELPA **ABC da Mineração Aspectos Legais e Tributários**, São Paulo,.18 pp., 1986.

TOY, T. ; HADLEY, R. F. **Gemorphology and Reclamation of Disturbed Lands,** London, Academic Press Inc., 1987.

TRICART, J. **Principies e Méthodes de la Geomorphologie III** Paris, Masson, 1965.

VALVERDE, F. M- Agregados para Construção Civil**,** in: **Balanço Mineral Brasileiro**, MME/DNPM, 15pp.- extraído do sítio *www.dnpm.gov.br*., 2001.

VALVERDE, F. M. (Cord.) **Bases Para o Planejamento da Mineração de Areia na Região Metropolitana de São Paulo,** CPRM, DNPM, Governo de São Paulo, São Paulo,1997.

VERSTAPPEN, H. T. **Applied geomorphology geomorphological surveys for environmental development**, Amsterdan, Elsevier, 437 pp., 1983.